

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平6-5944

(43) 公開日 平成6年(1994)1月14日

(51) Int.Cl.⁵

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

H 0 1 L 41/107

// H 0 2 M 3/24

H 8726-5H

9274-4M

H 0 1 L 41/08

A

審査請求 未請求 請求項の数2(全6頁)

(21) 出願番号 特願平4-165202

(22) 出願日 平成4年(1992)6月24日

(71) 出願人 000004237

日本電気株式会社

東京都港区芝五丁目7番1号

(72) 発明者 上原 兼雄

東京都港区芝五丁目7番1号日本電気株式会社内

(72) 発明者 井上 武志

東京都港区芝五丁目7番1号日本電気株式会社内

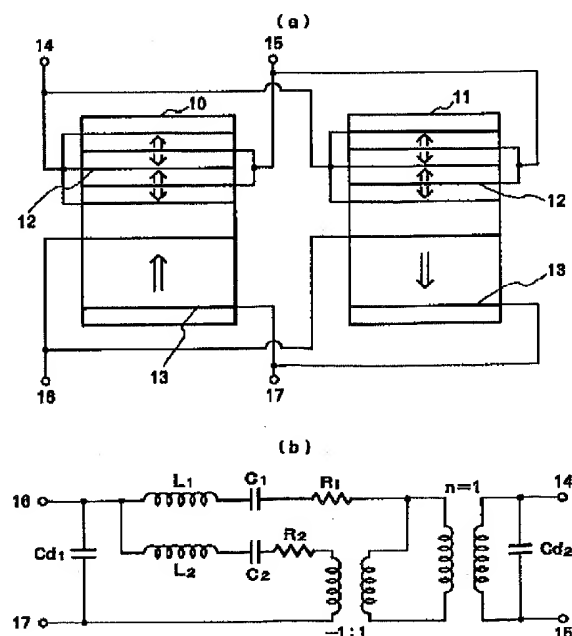
(74) 代理人 弁理士 京本 直樹 (外2名)

(54) 【発明の名称】 圧電磁器トランスフィルタとその駆動方法

(57) 【要約】

【目的】 本発明は高周波帯域において広帯域で高効率な周波数特性を有する新規な圧電トランスフィルタである。

【構成】 本発明に基づく圧電トランスは、第1図に示す如く、複数の内部電極層12、13と圧電磁器層が交互に積層され、内部電極層12、13を介して隣接する圧電磁器層は互いに逆向きに分極されている2個の積層体であって、高インピーダンス部分は互いに逆向きに分極されている。低インピーダンス部の各内部電極は一層おきに2つの電気端子のうちの一方の端子と接続し、残りの電極端子はもう一方の端子と接続する。同様に接続したもう一方の圧電磁器トランスとを電極端子14、15にそれぞれ接続し高インピーダンス部の内部電極13を各々並列に接続し構成している。本発明の圧電磁器トランスフィルタは、数MHz以上の高周波帯域において広帯域で使用することが出来、かつ、小型で高効率であるという特徴がありフィルタ小型化に著しく寄与する。



1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 複数の内部電極層と圧電磁器層が交互に積層された積層体であって、内部電極層を介して隣接する圧電磁器層が互いに逆向きに分極されている低インピーダンス部と高インピーダンス部を備え、これら2つのインピーダンス部の各内部電極は一層おきに2つの電気端子のうち一方の端子と接続し、残りの電極端子はもう一方の端子と接続して外部電極端子とした圧電磁器トランスを2個用い、それぞれの高インピーダンス部の分極方向が互いに逆向きであり、各々高インピーダンス部は高インピーダンス部に、低インピーダンス部は低インピーダンス部で並列に接続されていることを特徴とする圧電磁器トランスフィルタ。

【請求項2】 請求項1の圧電磁器トランスフィルタにおいて低インピーダンス部から取り出した外部電極を出力端子とし、高インピーダンス部の上下電極から取り出した外部電極を入力端子とし、1対の圧電トランスの2分の1波長が高インピーダンス部分の圧電セラミック層の厚さと各低インピーダンス部分が同じ厚さになる厚み縦振動2次モードの共振周波数で駆動することを特徴とする圧電磁器トランスフィルタの駆動方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は高周波帯で広帯域で高効率な周波数特性を有する圧電トランスフィルタに関するものである。

【0002】

【従来の技術】 圧電トランスは、通常、共振状態で使用され、共振周波数において最大の効率及び昇圧比が得られるものであり、一般の電磁トランスに比べて、(1) 同一周波数においてエネルギー密度が高いため小型化が図れる。(2) 不燃化が図れる。(3) 電磁誘導によるノイズがでないこと。等、数多くの長所を有し実用化が進められている。図6に従来の代表的な積層型圧電トランスであるローゼン型圧電トランスの構造を示す。以下、図面に沿って説明する。高電圧を取り出す場合、表面に電極が設けられた圧電板において、61で示す部分は圧電トランスの低インピーダンスの駆動部分であり、その上下面に電極63、64が設けられており、この部分は図中66で示すように厚み方向に分極されている。また、同様に62で示す部分は高インピーダンスの発電部分であり、その端面に電極65が設けられており、発電部分62は図中66で示すように圧電板の長さ方向に分極されている。この圧電トランスの動作は、駆動電極63、64に電圧が印加されると横効果31モードで電気機械結合係数 k_{31} によって縦振動が励振され、トランス全体が振動する。さらに発電部52では、電気機械結合係数 k_{33} によって縦効果縦振動モード(33モード)により、出力電極65から高電圧がとりだされる。一方、高電圧を入力し、低電圧を出力させる場合には、

2

縦効果の高インピーダンス部分62を入力側とし、横効果の低インピーダンス部分61を出力側にすれば良いことは明らかである。他のタイプの圧電トランスも、いずれもローゼン型と同じ平板の伸び振動や円板の半径方向拡がり振動を利用したものであり、適用周波数は最高200kHz程度までである。

【0003】 また、図6に示した圧電トランスはいずれも単一共振利用のため、負荷による出力電圧変動の他に、周囲温度変化や自己発熱などによる電圧変動が大きいなどの欠点がある。

【0004】 これらの欠点を改善する一つの方法として、帯域通過型の機械フィルタ構成とした圧電磁器トランスフィルタとする方法が提案されている。(日本音響学会誌33巻、10号、524頁、1977年)ここで提案されている代表的なセラミックトランスフィルタを図5(a)に、またその等価回路表示を図5(b)に示す。

【0005】 図5(a)について説明すると、50は厚み方向に分極された(矢印で示す)横効果低インピーダンス振動子で53、54は駆動電極であり、51は長さ方向に分極された縦効果高インピーダンス振動子で、55、56は発電電極である。これら2種の振動子を結合子52が機械的に結合させており、駆動用電気端子57、57'が駆動電極53、54と接続し、また出力用電極端子58、58'は発電電極55、56と接続している。図5(a)に示した圧電磁器トランスフィルタは周知の如く、 f_1 、 f_2 と二つの共振モードが現れ、 f_1 、 f_2 の間が通過帯域において出力電圧が最も大きく取り出される。図5(b)は(a)に示した圧電磁器トランスフィルタの等価回路で Cd_1 、 A_1 、 S_1 、 m_1 はそれぞれ横効果低インピーダンス振動子50の制動容量、力係数、等価スチフネス、等価質量を示し、 Sc は結合子52の等価スチフネス、 Cd_2 、 $-Cd_2$ 、 A_2 、 S_2 、 m_2 はそれぞれ縦効果高インピーダンスの振動子51の制動容量、負容量、力係数、等価スチフネス、等価質量を示す。即ち、横効果低インピーダンス振動子の力係数 A_1 と横効果高インピーダンス振動子の力係数 A_2 の大きさの違いを利用してトランスフィルタを得ようとする構成である。しかし、図5(a)に示したトランスフィルタは、図6に示したローゼンタイプの単一共振型圧電トランスの欠点を改善することはできるが、圧電磁器板の長さ方向の縦振動を用いている点で、やはり適用周波数領域は最高200kHz程度である。一方、これらの欠点を改善する一つの方法としてエネルギー閉じ込め形圧電磁器トランスフィルタが提案されている。(特開昭59-175175)。ここで提案されている圧電磁器トランスフィルタを図4に示す。図4について説明すると、厚み方向に分極された圧電磁器板40の左側に4層のエネルギー閉じ込め電極41、41'のある低インピーダンス部分と2層のエネルギー閉じ込め

3

め電極42、42'のある高インピーダンス部分から構成されている。矢印は分極方法を示す。低インピーダンス部分の電極(41)は1層おきに出力端子14に、残りの電極41'は出力端子15に接続されている。同様に高インピーダンス部の電極42、42'は入力端子で16、17にそれぞれ接続されて構成している。このような圧電磁器トランスフィルタは高次厚み縦振動を用いたトランスフィルタ構成となっているため高周波(数MHz以上)で電圧の変圧(例えば高電圧の発生)が可能である。しかし、この圧電磁器トランスフィルタは一般的周波数低下型といわれるエネルギー閉じ込め現象を利用して、エネルギー閉じ込め電極の面積が小さく限られてしまう。この結果、大電流を流すことが出来ない。従って電力伝送には不向きである。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】以上の従来例で示したように、従来の圧電トランスおよび、圧電トランスフィルタの適用周波数領域は200kHz以下の低周波領域においてのみであった。また、1MHz以上の高周波数帯において、一例としてPCM搬送装置の中継器では、搬送波からタイミングを抽出し、しかも入力信号電圧に比べ出力信号電圧を大きくするようなトランスフィルタが必要とされていることは周知の通りである。このようなトランスフィルタを圧電トランスフィルタで実現することができれば、装置の著しい小型化及び固体化が可能であるが現在このような圧電トランスフィルタは実現されていない。

【0007】

【課題を解決するための手段】本発明は、以上の欠点を克服するために、なされたものである。

【0008】本発明は複数の内部電極層と圧電磁器層が交換に積層された積層帯であって、内部電極層を介して隣接する圧電磁器層が互いに逆向きに分極されている低インピーダンス部と高インピーダンス部とを備え、これら2つのインピーダンス部の各内部電極は一層おきに2つの電気端子のうち一方の端子と接続し、残りの電極端子はもう一方の端子と接続して外部電極端子とした圧電磁器トランスを2個用い、それぞれの高インピーダンス部の分極方向が互いに逆向きであり、各々高インピーダンス部は高インピーダンス部に、低インピーダンス部は低インピーダンス部で並列に接続されて構成している圧電磁器トランスフィルタとその駆動方法である。

【0009】

【作用】本発明は、1MHz以上の高周波において低損失で十分な機能を有する圧電磁器トランスフィルタを提供するためになされたものである。図1の(a)に本発明の圧電磁器トランスフィルタの断面図、結線図で、(b)は等価回路、図2は圧電磁器トランスの斜視図である。図1、図2において、本発明の圧電磁器トランスフィルタを構成するは、2対の圧電磁器トランス10、

4

11は外部電極端子で並列に接続した差動接続形である。まず、圧電磁器トランスは内部電極12を介し厚み方向に分極された圧電磁器層26を多数積層した低インピーダンス部21と、その中間に絶縁層27と複数の内部電極13と圧電磁器層28からなる高インピーダンス部22で構成されている。この圧電磁器トランス2対は互いに低インピーダンス部21の内部電極12を外部で交互に接続し出力端子14、15とした。次に高インピーダンス部22の上下電極13から互いに取り出し入力端子16、17とした。尚、高インピーダンス部22の各圧電セラミック層の厚さと各低インピーダンス部21が同じ厚みとなるように構成した。ここで、圧電磁器層26、27、28は隣接する各層の分極方向(矢印)が逆になるように配置されている。また、各圧電磁器板の間には、内部電極12、13により、圧電磁器板に対し厚み方向に電界を印加することが可能な構成をしている。尚、2対の圧電磁器トランスの高インピーダンス部22の分極方向は互いに逆向きである(矢印)。このような内部多層電極を有する圧電磁器トランスは、積層圧電セラミックコンデンサや積層圧電アクチュエータ等で用いられている積層セラミック技術(ドクターブレード法)で作製することが可能である。この様な方法で作製した圧電磁器トランスでは層間隔を25 μ m程度まで薄くすることも可能である。従って、1/2波長モード(両端自由の基本モード)あるいは1波長モード(両端自由の2次モード)の厚み縦共振振動を利用するとともに、積層セラミック技術を用いて、圧電磁器トランスを作成し、厚み縦振動の差動接続型で使用するれば2~10MHz帯の超高周波領域で動作する圧電磁器トランスフィルタも実現できる。本圧電磁器トランスフィルタを厚み縦振動差動接続型で使用する結線図を図1(a)に、また、等価回路を(b)に示す。まず1対の圧電磁器トランス10の動作原理は高インピーダンス部22の入力端子16、17間に厚み縦振動の共振周波数と等しい周波数の高電圧を印加すると、高インピーダンス部22の逆圧電効果により圧電磁器トランス10の全体が機械的に共振し、低インピーダンス部21では圧電効果により入力電圧と同一周波数の電圧を発生し、出力端子14、15に出力する。その際、入力側と出力側のインピーダンスの違いにより、出力端子14、15間の電圧は入力端子16、17間の電圧よりも低くなる。さらに、低インピーダンスの電極間隔を変えることにより異なった電圧を自由に出力することが出来る。尚、低電圧を高電圧に変換する場合端子14、15間に低電圧を印加すれば端子16、17間から高電圧が出力される。また、低インピーダンス部21と高インピーダンス部22の間に絶縁板27を配置する構造にすれば入力端子16、17と出力端子14、15を電氣的に分離できるため周辺回路の自由度を増すことができる。このような動作はもう1対の圧電磁器トランスでも全く同じであるが高インピー

5

ダンス部22の分極方向が全く逆であるため厚み振動の位相が丁度180°ずれる。さらに図1において左側の圧電トランスの共振周波数を f_1 、右側の圧電トランスの共振周波数を f_2 となる($f_1 \neq f_2$)ようにあらかじめトランスの厚みを調整してやり、2対の圧電トランスの入出力端子それぞれを並列接続することにより f_1 、 f_2 間の通過帯域においてもっとも出力電圧が大きく取り出される。

【0010】特に f_1 、 f_2 の共振周波数を調整することにより周波数-ゲイン特性がフラットな帯域特性を実現出来る。

【0011】厚み縦振動の共振周波数は圧電縦効果による共振周波数の低下を無視すれば次式で表される。

$$f_r = n \cdot V_t / 2t \quad (n=1, 2, 3\cdots)$$

ここに、 f_r ：厚み縦振動の共振周波数

n ：モード次数

V_t ：厚さ方向の縦波の音速

t ：厚み

ここで V_t 、 t が一定となるように圧電磁器トランスを作製できれば厚み縦振動の共振周波数 f_r も一定になるが、一体焼成時の収縮率のバラツキ等により必ずしも設計通りの共振周波数とは成らない。そこで、焼成後に共振周波数を調整出来る構造が望ましい。即ち、上下主面に電極を設けている圧電トランスでは焼成後に調整する事は容易ではないが、本発明の圧電トランスでは上下に研磨可能な周波数調整層を配置しているため、焼成後の研磨により所要の共振周波数が得られ、外部回路の駆動周波数と正確に一致させることができる。さらに、直方体の振動子においては k_{31} を介して長さ方向、幅方向の振動も発生し、その共振周波数はそれぞれ以下のように表される。

$$f_{la} = n \cdot V_l / 2l \quad (n=1, 2, 3\cdots)$$

$$f_{wa} = n \cdot V_w / 2w \quad (n=1, 2, 3\cdots)$$

ここに、 f_{la} ：長さ縦振動の共振周波数

V_l ：長さ方向の縦波の音速

l ：長さ

f_{wa} ：幅縦振動の共振周波数

V_w ：幅方向の縦波の音速

w ：幅

これら長さ方向、幅方向の振動は、厚み縦振動に対するスプリアス振動となる。そのため、広帯域の圧電トランスを実現するためには駆動周波数近傍で長さ方向、幅方向の強い振動が起きないようにする必要がある。また、幅方向の厚みは、厚み t 方向との関係は2分の1波長が高インピーダンス部分の各圧電セラミック層の厚さと低インピーダンス部分が同じになる厚み縦振動2次モードの共振周波数で駆動した場合、幅方向の厚みは3分の1波長以下に共振させた場合に厚み縦振動に対するスプリアス振動を抑えることが可能で、単一モードで非常にきれいなアドミッタンス一周波数特性が実現出来る。この

6

結果、DC-DCコンバータ駆動時に周波数制御時に都合よく対応できる。

【0012】次に、効率について考える。圧電磁器トランスの損失は大半が機械的損失であり、その機械的損失は機械的品質数 Q_m が小さいほど大きい。この機械的品質数 Q_m は上下主面の平行度、平面度に大きく存在する。招請しただけの圧電トランスの表面は平行度、平面度とも悪く、その機械的品質係数 Q_m はせいぜい数100である。これに対し本発明の圧電トランスでは平行平面研磨を行うことにより、数 μm 以内の平行度、平面度を得ることが可能で、1000以上の機械的品質係数 Q_m が容易に得られる。

【0013】

【実施例】図1、図2は、それぞれ本発明の圧電磁器トランスフィルタの一実施例の接続図、等価回路及び、圧電磁器トランスの斜視図である。本発明の2個の圧電磁器トランス10、11は各々一体積層型であり、2MHz帯厚み縦二次モードを用い、圧電材料としてはPbTiO₃系圧電材料を用いている。本圧電磁器トランスでは、高インピーダンス部22と低インピーダンス部21それぞれに複数の内部電極層12、13を形成した構造である。次に、本発明の製造方法について実施例に基づいて説明する。第2図に示すように、まず圧電材料としてPbTiO₃系圧電セラミック粉末を有機バインダーと共に溶媒中に分散しスラリー状とする。これをドクターブレードを用いたキャスト法によって、厚さが約70 μm のグリーンシートを作製する。次に内部電極層としてPt、バインダー、有機溶剤からなるPtペーストをスクリーン印刷法により印刷する。その後、必要な形状の大きさにパンチング機により打ち抜き切断し所定の順序で組合せ重ねた後、プレス機にて熱圧着し一体のグリーン積層体とした。このグリーン積層体を600℃で空気中で熱処理して脱バインダし、1200℃2時間焼成した後、ダイシングソーにより所定の形状に切断して圧電磁器トランス素子を作製する。次に低インピーダンス部の各内部電極は一層おきに2つの電気端子のうちの一方の端子と接続し、残りの電極端子はもう一方の端子と接続する。同様に接続したもう一方の圧電磁器トランスとを電極端子14、15にそれぞれ接続し7kV/mmの直流電圧を印加し分極させる。また、高インピーダンス部22の電極端子16、17は圧電磁器トランス各々に7kV/mmの直流電圧を印加し分極させる。但し、2個の圧電磁器トランスの分極方向は逆である。そして最後に共振周波数調整のために必要な厚さになるように平行平面研磨を施す。この実施例では2MHzで圧電トランスを駆動するため、圧電トランスの厚さが2.8mmになるように平行平面研磨する。次に、高インピーダンス部22の電気端子16、17からそれぞれ縦2次モードを励振する高周波・高電圧信号を入力し、低インピーダンス部21の電気端子14、15に適当な

抵抗負荷で終端し出力を取り出す降圧型のトランスフィルタとして評価した。図3に圧電トランスフィルタの周波数-ゲイン特性の実測値を示す。評価した結果、周波数1.50MHz～2.6MHzで、最大エネルギー変換効率97%以上を達成した。さらに、機械的品質係数 Q_m 値は845～870、電力容量は5Wが得られた。試作した圧電トランスフィルタは、高周波で広帯域の周波数特性を示しかつ、高いエネルギー変換効率を実現していることは明らかである。更に、低インピーダンス部の1層の層間隔を変えることにより、所望の電圧が得られることも確認している。

【0014】

【発明の効果】以上説明したように、本発明の圧電磁器トランスフィルタは、複数の圧電トランスを並列接続する事により差動型圧電トランスフィルタとして、1MHz以上の高周波帯において広帯域の帯域フィルタとして使用することができ、小型、高効率を実現していることは明らかで、従来の圧電トランスフィルタにはない長所があり、工業的価値も多大である。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の圧電磁器トランスフィルタの一例を示す図である。

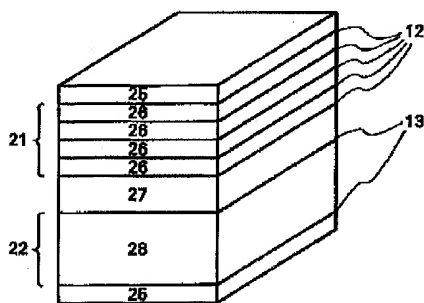
【図2】圧電磁器トランスの斜視図である。

【図3】周波数-ゲイン特性図である。

【図4】従来の圧電磁器トランスフィルタを示す図である。

【図5】従来の圧電磁器トランスフィルタを示す図である。

【図2】



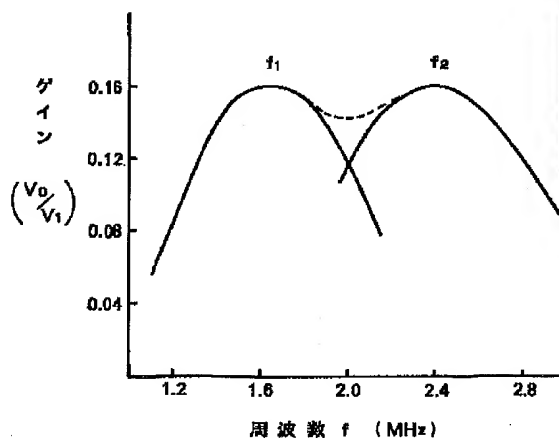
る。

【図6】従来のローゼン型圧電トランスの斜視図である。

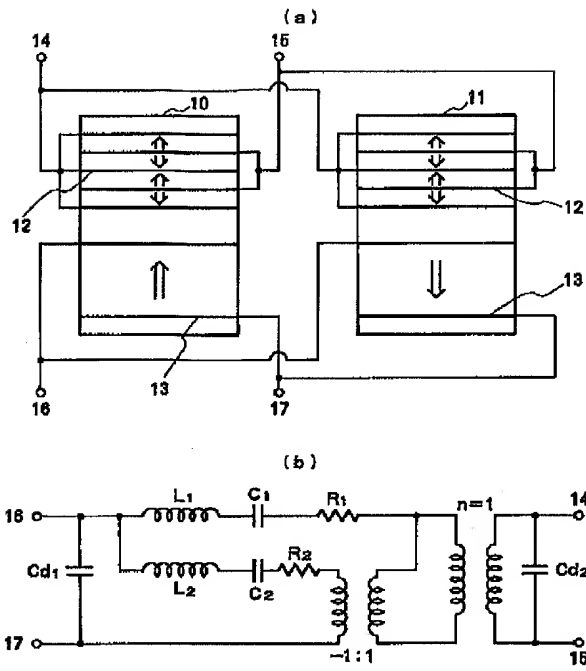
【符号の説明】

- 10, 11 圧電磁器トランス
- 12, 13 内部電極
- 14, 15 出力端子
- 16, 17 入力端子
- 21 圧電トランスの低インピーダンス部分
- 22 圧電トランスの高インピーダンス部分
- 26, 28, 27, 25 圧電磁器層
- 40 圧電磁器板
- 41, 41', 42, 42' エネルギー閉じ込め電極
- 50 厚み方向に分極された（矢印で示す）横効果低インピーダンス振動子
- 51 長さ方向に分極された縦効果高インピーダンス振動子
- 52 結合子
- 53, 54 駆動電極
- 55, 56 発電電極
- 57, 57' 入力端子
- 58, 58' 出力端子
- 61 圧電トランスの低インピーダンスの駆動部分
- 62 高インピーダンスの発電部分
- 63, 64, 65 電極
- 66 分極方向

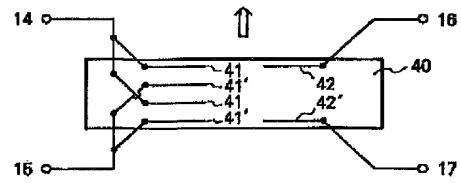
【図3】



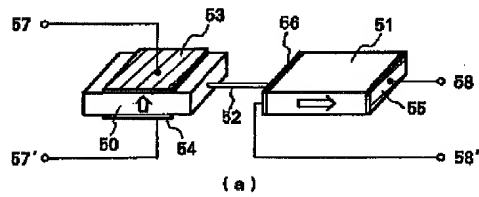
【図1】



【図4】



【図5】



【図6】

